

ELEKTROKLIIMA MÕJU INIMESE FÜÜSILISELE JA PSÜÜHILISELE TÖÖVÕIMELE

L. Sihver¹, I. Tomson¹, V. Viljasoo¹, M. Pääsuke², J. Ereline², H. Gapeyeva²

¹ Eesti Maaülikool, ² Tartu Ülikool

ABSTRACT. *The influence of electroclimate on human physical and psychic working capacity. Electroclimate is an electrostatic state of inner and outer atmosphere connected with living, production or other activity. Unfortunately this subject hasn't caught sufficient attention in the process of improving the working environment.*

The article presents methods and results of influence of air enriched with negative aeroions on a person's physical and mental working capacity.

Experiments have been carried out on two age groups (I – 18...26; II – 50...75), their psychic and physical working capacity measured both in normal environment as well in the air which electrostatic structure has been enriched with negative aeroions. In the course of experiments such indicators as static standing balance, hand muscle strength, memory, visual and acoustic reaction speed were measured.

The results show the different effect of negative aeroions on working capacity, but the majority of registered parameters still indicate of improvement. Probably greater changes in test results would be noticed when ionization would last longer.

Keywords: *negative aeroions, ionization, working capacity.*

Sissejuhatus

Puhas õhk on tervise põhiliseks eeltingimuseks (WHO Euroopa osakond). Viimastel aastakümnetel on õhu kvaliteet Euroopas märgatavalt paranenud, kuid siiski leidub suur kogus asitõendeid, mis vihjavad tervistkahjustavale õhusaastehulgale (WHO töögrupp).

Sisekliimaalaste uurimistööde analüüsist (Tomson, 2001) selgub, et kliimaga seotud uurimisvaldkond täieneb ja laieneb koos teaduse ja tehnika arenemisega, uute mõistete, meetodite ja uurimistulemustega. Nii on Eesti Maaülikoolis elu- ja töökeskkonna õhu ionisatsiooni uurimist käsitlevat valdkonda nimetatud elektrokliimaks (Viljasoo, Tomson, 2000).

Elektrokliima on elu-, tootmis- või muu tegevusega seotud ruumivälise või ruumisese õhu elektrostaatiline seisund (Viljasoo, Tomson, 2001). Õhu elektrijuhtivus on tingitud õhus sisalduvatest laetud osakestest, mida nimetatakse aeroioonideks. Neutraalsete molekulide ioniseerimisel tekkinud vabad elektronid ja ioonid ühinevad mikrosekundite vältel neutraalsete molekulidega, moodustades pidevalt muutuva koostisega, kuni mõnekümnest aatomist koosnevaid negatiivseid (miinuslaengulisi) ja positiivseid (plusslaengulisi) kergeid aeroioone (ENE, 1985).

Teatud tingimustel, eriti ruumisiseses töökeskkonnas võib välisõhk, muutudes siseõhuks, kaotada oma kvaliteeti, mis on õhu koostist iseloomustav seisund ja mida hinnatakse saastetaseme alusel (Viljasoo, Tomson, 2003). Aktiivses kokkupuutes organismi ja välisõhu (keskkonna) vahel on õhu ionisatsiooniseisund organismi normaalse arenemise eluline tingimus. Luues endale elu- ja töökeskkonda, eraldutakse sellega välisõhust ning anomaliseeritakse seda järjepidevalt ning sellistes tingimustes veedavad linnakodanikud 90% oma elust (Tšiševski, 1989).

Välisõhk, tungides läbi õhuava, akna, ventilatsioonivade, kaotab peaaegu poole (45–48%) kergetest negatiivsetest aeroioonidest. Ülejäänud kogus, puutudes kokku siseviimistlusmaterjalidega ja sisustusmaterjalidega, hävineb teatud aja jooksul. Tänapäeva uusimad õhutöötlemise meetodid toodavad bioloogiliselt surnud õhku. Puhastamise, filtreerimise, pesemise ja kuivatamise käigus välisõhu aeroioonid hävinevad (Tšiševski, 1989).

See loob konflikti organismi looduspärasusega, mistõttu kaob nende immuun-bioloogiline jõud, deformeerub skelett, nõrgeneb muskulatuur, distrofeeruvad organismi koed ja organid, tekib pöördumatute protsesside võimalikkus, areneb füüsiline ja vaimne degradatsioon (Tšiševski, 1989).

Tundemärgid õhulaengute muutumisest tingitud mürgistusest on üsna sarnased tavalise mürgistusega: halb enesetunne, tugevam higistamine, peavalu, iiveldus, tähelepanu langus, töövõime langus (Tšiševski, 1989). Seetõttu kasutatakse keskkonna aeroionisatsiooni ehk aeroioonide tekitamist, millega parandatakse õhu sanitaarhügieenilist kvaliteeti, sadestatakse tolmu ja neutraliseeritakse kahjulikke staatilisi elektrilaenguid (ENE, 1985).

Elektrokliima seisund töökeskkonnas võib inimese töövõimet ja tööviljakust tõusta või langetada, muutes töökoha ja töötegemise vastumeelseks või meeldivaks.

Eeltoodust lähtudes oli uurimistöö eesmärgiks tuvastada aeroioonide mõju inimese füüsilisele ja psüühilisele töövõimele.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks on lahendatud järgmised ülesanded: 1) meetodikapõhiselt füüsilist ja psüühilist töövõimet iseloomustavate parameetrite registreerimine tava- ja ioniseeritud keskkonnas; 2) sisekliimaparameetrite registreerimine; 3) tulemuste analüüsimine, järelduste tegemine ja soovitude andmine.

Võtmesõnad: negatiivsed aeroioonid, ionisatsioon, töövõime.

Metoodika

Uuringus osales kokku 26 inimest. Katsealused (KA) jaotusid kahte gruppi. Esimese vanusegrupi (I) moodustasid 13 katsealust (6 meest ja 7 naist) vanuses 18–26 aastat, teise vanusegrupi (II) moodustasid 13 kehaliselt keskmiselt aktiivset naist vanuses 60–75 aastat.

Katsed toimusid 2007. a märtsis Tartu Ülikooli spordibioloogia ja füsioterapia instituudi kinesioloogia õppetooli biomehaanika laboris.

Enne katsete alustamist täitsid katsealused isikuandmeid, tervislikku seisundit ja kehalist aktiivsust käsitleva registrikaardi.

Katsetes mõõdeti katsealuse füüsilist ja psüühilist töövõimet iseloomustavaid parameetreid alljärgnevalt:

1. Keha staatilise tasakaalu määramine. Keha staatilise tasakaalu uurimisel seisis katsealune dünaamilisel platvormil Kistler (Šveits), mõõtudega 40 × 60 cm. Katsealune pidi seisma 30 s vältel, jalad asetatud õlgade laiuselt (jalgade vahe oli *ca* 10 cm) ja käed all, võimalikult liikumatult ja sirgelt. Katsealuste tähelepanu kontsentreerimiseks paigutati temast 2 m kaugusele silmade kõrgusele seinale ringiga pilt, mille keskel oli punkt. Seejärel korraldati katset suletud silmadega.

Katse tulemusena registreeriti survetsentri nihet iseloomustavad dünamograafilised parameetrid: külgsuunaline nihe [COP(T) mm], pikisuunaline nihe [COP(L) mm], nihkepindala (SP mm²), nihkeradius (RAD mm) ning nihketrajektor (TR mm), nihkekiirus (SP mm/s), külgsuunaline nihkesagedus [MF(T) Hz] ja pikisuunaline nihkesagedus [MF(L) Hz].

2. Käe pigistusjõu määramine. Käe pigistusjõu määramisel kasutati standardset käe dünamomeetrit Lafayette Hand Dynamometer (USA), mõõtevahemikuga 0–90 kg. Katsealune istus, käed sirgelt all ja pigistas domineeriva käega dünamomeetrit maksimaalse jõuga 3 korda. Iga pigistuse järel fikseeriti näit. Pigistuste vahel oli puhkepauside kestus *ca* 30 s. Käe suurima pigistusjõuna läks arvesse parim tulemus.

3. Mälu võime testimine. Mälu kontrollimiseks pidid katsealused meelde jätma 30 sekundi jooksul numbrikombinatsiooni, alustades ühekohalisest ning lõpetades üheksakohalisega. Numbrikombinatsioonid esitati arvutiekraanil esitlusprogrammiga Microsoft PowerPoint. Numbrikombinatsiooni esitleti ekraanil 30 sekundit, mille möödudes pidid katsealused meeldejäetud kombinatsiooni paberilehele märkima. Numbrikombinatsioonid olid koostatud nende assotsieeruvat järjestust (näiteks 2007), samuti paaris- ning paaritute arvude jada (näiteks 246 või 357) vältides.

4. Visuaalse ja akustilise reaktsioonija määramine. Visuaalse ja akustilise reaktsioonija määramiseks sooritasid katsealused testi arvutiprogrammi Motor Control abil. Test koosnes kahest osast: visuaalne reageerimine (V) ja akustiline reageerimine (A). Esimeses testiosas pidi katsealune ekraanil valguslaiku nähes kohe reageerima, vajutades klaviatuuril ettenähtud klahvi. Katsealusel oli kokku 10 katset, valguslaigud ilmusid ekraanile kindla ajalise intervallita. Programm registreeris reageerimiskiirused millisekundites, kaks halvimat katsetulemust eemaldati loendist.

Teises osas pidi katsealune võimalikult kiiresti reageerima helile, vajutades klaviatuuril ettenähtud klahvi. Helid kostusid kindla ajalise intervallita. Katsealused tegid 10 katset, mille seast kaks halvimat tulemust ei läinud arvesse. Enne katsetulemuste registreerimist läbis katsealune n-õ treeningkatse.

Eelpool loetletud töövõimet iseloomustavate parameetrite mõõtmise lõppedes alustati katsekeskkonna ioniseerimist negatiivsete aeroioonidega (*ca* 50 000 cm⁻³, õhustussen avatud). Katsealustel tuli istuda 20 minutit kestva aeroionisatsiooni vältel rahulikult, mugavas asendis, 1,5 meetri kaugusel ionisaatorist. Seejärel määrati katsealustel metoodika põhjal taas keha staatilist tasakaalu, käe pigistusjõudu, mälu, visuaalse ja akustilise reageerimise aega.

Katsekeskkonna sisekliimat on registreeritud eesmärgiga määrata katsealuste komforti katsete vältel, et selle kaudu välistada või kinnitada sisekliima mõju katsetulemustele. Ruumi mikrokliimaparameetrite (õhu suhteline- ja absoluutne niiskus, õhutemperatuur, kastepunkt, õhu liikumiskiirus) registreerimiseks kasutati mõõteseadet Almemo 2690 koos termohügroomeetriga FH A646-1 (mõõteviga ±2% lõppväärtusest), termoanemomeetriga FH a645 TH2 (mõõteviga ±3% lõppväärtusest), hapnikuanduriga ZA 900-AK2K (mõõteviga ±1% lõppväärtusest), süsinikdioksiidianduriga FYA 6000-CO₂ (mõõteviga ±1% lõppväärtusest). Ruumi parakliimaparameetrite registreerimiseks kasutati müramõõturit TES-1350A (mõõteviga ±2 dB), valgustustiheduse mõõtmiseks luksmeetrit TES-1336 (mõõteviga ±3%) ning radiatsiooni mõõtmiseks kasutati kombineeritud seadet ioniseeritud kiirguste mõõtmiseks RKS – 104 (mõõteviga ±40%). Elektrokliimaparameetrite (negatiivsed ja positiivsed aeroioonid) mõõtmiseks kasutati aeroioonide mõõturit UT – 8401 (mõõteviga ±10%) koos mõõteseadmega Almemo 2690. Andmete analüüsil kasutati Microsoft Office andmetöötlusprogramme Excel ja Word.

Tulemused

Keha staatiline tasakaal

Peale ionisatsiooni halvenesid mõlemal vanusegrupil enamus keha staatilise tasakaalu parameetrite tulemustest (tabel 1). Enim halvenesid keha piki- ja külgsuunaline nihkesagedus nii avatud silmadega kui ka suletud silmadega seisemisel.

Tabel 1. Keha staatilise tasakaalu keskväärtused enne ja pärast ionisatsiooni
Table 1. Mean values of static standing balance before and after ionization

Vanusegrupp Age group		Näitaja Parameter	Ühik Unit	Enne/Before $\bar{x} \pm \sigma$	Pärast/After $\bar{x} \pm \sigma$	Muutus/Change %
I	Silmad avatud Eyes opened	COP(T)	mm	16,34 ± 1,5	17,58 ± 1,9	-7,59
		COP(L)	mm	12,14 ± 1,3	13,53 ± 1,2	-11,45
		TR	mm	2061,68 ± 309,1	2003,85 ± 272,4	2,8
		RAD	mm	3,72 ± 0,3	4,23 ± 0,6	-13,71
		SP	mm/s	68,75 ± 10,3	66,83 ± 9,1	2,79
		AR	mm ²	2660,55 ± 428,8	2679,67 ± 398,9	-0,72
		MF(T)	Hz	0,09 ± 0,03	0,19 ± 0,1	-111,11
		MF(L)	Hz	0,03 ± 0,01	0,10 ± 0,1	-233,33
	Silmad suletud Eyes closed	COP(T)	mm	20,51 ± 1,4	23,54 ± 3	-14,77
		COP(L)	mm	13,75 ± 1,3	15,68 ± 1,3	-14,04
		TR	mm	2118,44 ± 299,7	2102,2 ± 279,8	0,77
		RAD	mm	3,98 ± 0,3	5,01 ± 0,5	-25,88
		SP	mm/s	70,63 ± 10	70,09 ± 9,3	0,76
		AR	mm ²	2817,69 ± 451,1	3595 ± 769,5	-27,59
MF(T)		Hz	0,1 ± 0,03	0,21 ± 0,1	-110	
MF(L)		Hz	0,06 ± 0,02	0,1 ± 0,04	-66,67	
II	Silmad avatud Eyes opened	COP(T)	mm	25,47 ± 5	23,30 ± 2,7	8,52
		COP(L)	mm	20,00 ± 3,4	20,23 ± 3,6	-1,15
		TR	mm	2000,36 ± 333,5	1935,97 ± 322,7	3,22
		RAD	mm	4,74 ± 0,4	5,38 ± 0,7	-13,6
		SP	mm/s	66,72 ± 11,1	64,55 ± 10,8	3,25
		AR	mm ²	2992,54 ± 513,8	3528,71 ± 883,5	-17,92
		MF(T)	Hz	0,30 ± 0,1	0,27 ± 0,07	10
		MF(L)	Hz	0,10 ± 0,03	0,17 ± 0,05	-70
	Silmad suletud Eyes closed	COP(T)	mm	22,78 ± 1,4	26,35 ± 3	-15,67
		COP(L)	mm	17,45 ± 1,5	24,25 ± 4,9	-38,97
		TR	mm	2015,08 ± 312,6	1989,39 ± 303,3	1,27
		RAD	mm	4,90 ± 0,3	6,12 ± 0,9	-24,9
		SP	mm/s	67,18 ± 10,4	66,33 ± 10,1	1,27
		AR	mm ²	3122,99 ± 508,6	3957,4 ± 925,2	-26,72
MF(T)		Hz	0,26 ± 0,1	0,36 ± 0,1	-38,46	
MF(L)		Hz	0,14 ± 0,1	0,32 ± 0,1	-128,57	

Tabelist 1 järeldub, et ionisatsiooni järel vähenesid I vanusegrupil avatud silmadega seisemisel keha staatilise tasakaalu parameetritest nihketrajektor (2,8%) ja nihkekiirus (2,79%). Vähenemistendentsi näitasid samade parameetrite tulemused ka suletud silmadega seisemisel, vastavalt 0,77% ja 0,76%. Nii avatud kui ka suletud silmadega seisemisel suurenesid I vanusegrupil kõik ülejäänud registreeritud parameetrite arväärtused. Seejuures avatud silmadega seisemisel suurenes enim külgsuunaline nihkesagedus (111,11%) ja pikisuunaline nihkesagedus (233,33%). Ka suletud silmadega seisemisel suurenesid enim just külgsuunaline nihkesagedus (110%) ning pikisuunaline nihkesagedus (66,67%).

II vanusegrupis vähenesid peale ionisatsiooni avatud silmadega seisemisel külgsuunalise nihke (8,52%), nihketrajektoori (3,22%), nihkekiiruse (3,25%) ja külgsuunalise nihkesageduse (10%) arväärtused. Enim suurenesid nihkepindala (17,92%) ja pikisuunalise nihkesageduse (70%) väärtused.

Suletud silmadega seisemisel vähenesid II vanusegrupis nihketrajektoori (1,27%) ja nihkekiiruse (1,27%) väärtused. Enim suurenesid pikisuunalise nihke (38,97%), külgsuunalise nihkesageduse (38,46%) ja pikisuunalise nihkesageduse (128,57%) arväärtused.

Keha staatilist tasakaalu iseloomustavate parameetrite arvvaartuste ionisatsioonijärgne valdav suurenemine võib tuleneda negatiivsete aeroioonide lõõgastavast toimest, mis tingis katsealustel mõningase hetkelise lihaste lõtvumise ja seetõttu halvenes ka keha staatiline tasakaal.

Käe pigistusjõu määramine

Pärast keskkonna ioniseerimist parenes I ja II vanusegrupi katsealustel käe pigistusjõud vastavalt 1,9 ja 3,7%. Parimate soorituste aritmeetilise keskmise alusel suurenes I vanusegrupi vaatlusaluste käe pigistusjõud 0,71% ja II vanusegrupi vaatlusalustel 6,9% (tabel 2).

Tabel 2. Käe pigistusjõu aritmeetilised keskmised enne ja pärast ionisatsiooni
Table 2. Mean values of hand-grip strength before and after ionization

I vanusegrupp / I age group				II vanusegrupp / II age group			
Enne <i>Before</i>	Pärast <i>After</i>	Muutus <i>Change</i>	Max. näitaja muutus <i>Maximum change of value</i>	Enne <i>Before</i>	Pärast <i>After</i>	Muutus <i>Change</i>	Max. näitaja muutus <i>Maximum change of value</i>
$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	\bar{x}	\bar{x}	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	\bar{x}	\bar{x}
kg	kg	%	%	kg	kg	%	%
37,3±12,9	38± 11,7	1,9	0,71	24,1±5,5	25 ± 5,7	3,7	6,9

Katsealustest suurenes I vanusegrupi liikmetel (46,15%) ja II vanusegrupi liikmetel (69,2%) käe pigistusjõud vastavalt 6,3 ja 7,1%. Tulemus ei muutunud 7,7% I ja 23,1% II vanusegrupi vaatlusalustest. Tulemus halvenes I vanusegrupi liikmetel (46,15%) ja II vanusegrupi liikmetel (7,7%) vastavalt 4,8% ning 7,7% (tabel 3).

Tabel 3. Käe pigistusjõu muutus aritmeetiliste keskmiste alusel
Table 3. Mean changes in hand-grip strength

Vanuse- grupp <i>Age group</i>	KA osa, kelle tulemus parenes <i>Examinees, whose results improved</i>	Tulemus parenes keskmiselt <i>On the average, result improved</i>	Max. pos. muutus <i>Max. pos. change</i>	KA osa, kelle tulemus ei muutunud <i>Examinees whose results did not change</i>	KA osa, kelle tulemus halvenes <i>Examinees, whose results deteriorated</i>	Tulemus halvenes keskmiselt <i>On the average, result deteriorated</i>	Max. neg. muutus <i>Max. neg. change</i>
I	46,15	6,3	13,0	7,7	46,15	4,8	9,2
II	69,2	7,1	15,8	23,1	7,7	7,7	7,7

Katsealustest avaldas ionisatsioon I vanusegrupi liikmetele (53,8%) ja II vanusegrupi liikmetele (76,9%) positiivset mõju, suurendades käe pigistusjõudu parimate soorituste aritmeetilise keskmise alusel, vastavalt 9,8% ja 6,3%. Nii I kui ka II vanusegrupi 7,7% vaatlusaluste tulemus ei muutunud. Tulemus halvenes I vanusegrupi liikmetel (38,5%) ja II vanusegrupi liikmetel (15,4 %) vastavalt 6,0% ning 1,3% (tabel 4).

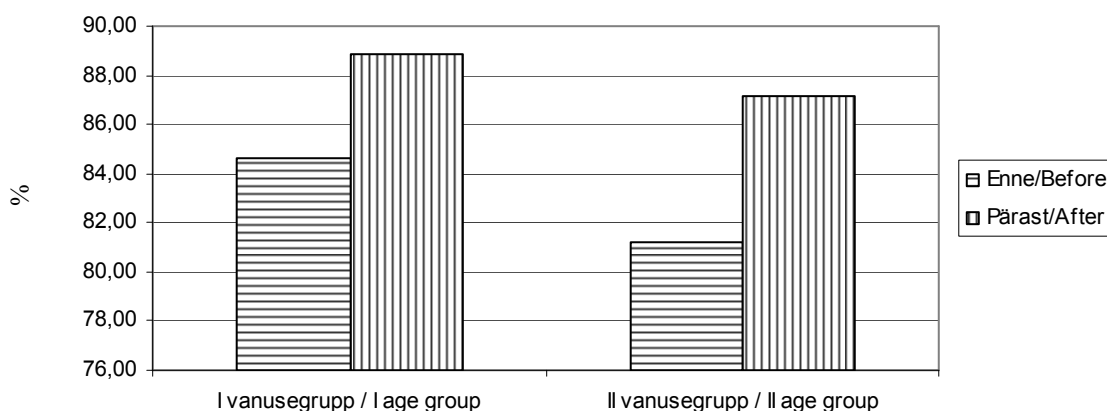
Tabel 4. Käe pigistusjõu muutus parimate soorituste aritmeetiliste keskmiste alusel
Table 4. Mean changes in hand-grip strength by best trials

Vanuse- grupp <i>Age group</i>	KA osa, kelle tulemus parenes <i>Examinees, whose results improved</i>	Tulemus parenes keskmiselt <i>On the average, result improved</i>	Max. pos. muutus <i>Max. pos. change</i>	KA osa, kelle tulemus ei muutunud <i>Examinees, whose results did not change</i>	KA osa, kelle tulemus halvenes <i>Examinees, whose results deteriorated</i>	Tulemus halvenes keskmiselt <i>On the average, result deteriorated</i>	Max. neg. muutus <i>Max. neg. change</i>
I	53,8	9,8	20,9	7,7	38,5	6,0	12,1
II	76,9	6,3	17,3	7,7	15,4	1,3	1,7

Kokkuvõetult võib väita, et ionisatsioon mõjub positiivselt iseäranis II vanusegrupi vaatlusaluste käe pigistusjõule. Vaatlusaluseid, kellel käe pigistusjõud suurenes, oli II vanusegrupis 9 korda rohkem kui neid, kelle tulemus halvenes. I vanusegrupis oli vaatlusaluseid, kelle tulemus parenes, sama palju, kui neid, kelle tulemus halvenes (46,15%). Parimate soorituste alusel, oli I vanusegrupis vaatlusaluseid, kelle tulemus ionisatsiooni järel parenes, 1,4 korda rohkem, kui neid, kelle tulemus halvenes. II vanusegrupis oli tulemust parandanud vaatlusaluseid halvema tulemuse saavutanutest 5 korda rohkem.

Mälu

I vanusegrupi mälu testi õigete vastuste osakaal suurenes keskmiselt 84,63%-lt 88,9%-ni, paranedes seega 4,3% ja II vanusegrupi mälu testi õigete vastuste osakaal suurenes aritmeetilise keskmise alusel 81,22%-lt 87,19%-ni, paranedes 6% (joonis 1).



Joonis 1. Mälu testi õigete vastuste aritmeetilised keskmised enne ja pärast ionisatsiooni
Figure 1. Arithmetic averages of positive results of memory test before and after ionization

Katsealustest I vanusegrupi liikmetel (46,2%) ja II vanusegrupi liikmetel (38%) paranes mälu võime keskmiselt vastavalt 16,7% ja 25%. Tulemus ei muutunud I vanusegrupi katsealustest 30,7%-l ja 46,5%-l II vanusegrupi katsealustest. Katsealustest I vanusegrupi liikmetel (23,1%) ja II vanusegrupi liikmetel (15,5%) halvenes mälu võime keskmiselt 16,6% ja 17,4% (tabel 5).

Kui I vanusegrupis ei esinenud osalejaid, kelle testitulemused oleksid enne ja pärast ionisatsiooni 100% õiged, siis II vanusegrupis oli neid kõikidest liikmetest 15,4% (13). Seda võib põhjendada osade katsealuste kõrge teadmis- ja kogemustepõhise haridustasemega.

Mälu testi tulemuste alusel võib väita, et I vanusegrupi katsealuseid, kelle tulemus peale ionisatsiooni paranes oli 2 korda rohkem, kui neid, kelle tulemus halvenes. II vanusegrupis oli tulemust parandanud katsealuseid 2,45 korda rohkem kui halvemaid tulemusi saavutanuid.

Tabel 5. Mälu võime muutused ionisatsiooni toimetel
Table 5. Dependence of memory on ionization

Vanusegrupp Age group	KA osa, kelle tulemus paranes Examines, whose results improved %	Tulemus paranes keskmiselt On the average, result improved %	Max. pos. muutus Max. pos. change %	KA osa, kelle tulemus ei muutunud Examines, whose results did not change %	KA osa, kelle tulemus halvenes Examines, whose results deteriorated %	Tulemus halvenes keskmiselt On the average, result deteriorated %	Max. neg. muutus Max. neg. change %
I	46,2	16,7	33,3	30,7	23,1	16,6	22,2
II	38	25	33,3	46,5	15,5	17,4	22,2

Visuaalne ja akustiline reaktsiooniaeg

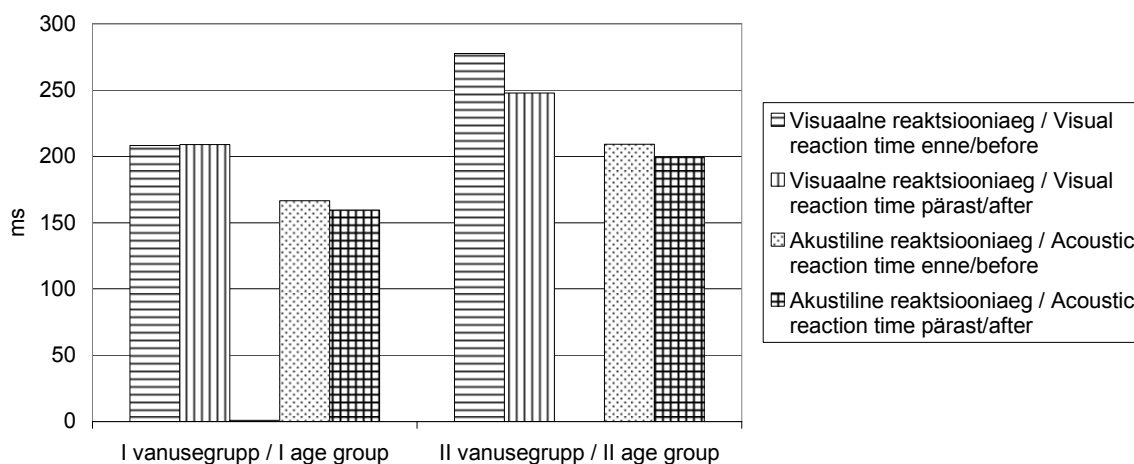
Peale ionisatsiooni jäi I vanusegrupi katsealustel reaktsiooniaeg visuaalsele signaalile praktiliselt muutumatuks, lühenedes 0,7%, akustilisele signaalile reageerimise aeg lühenes 4,2% (tabel 6). II vanusegrupi katsealuste visuaalsele signaalile reageerimise aeg lühenes seevastu tunduvalt (9,4%) ning ka akustilise reageerimise aeg oli pärast keskkonna ioniseerimist lühem (2,8%).

Positiivset mõju avaldas ionisatsioon mõlemas testis 50%-le I vanusegrupi katsealustest. Reageerimise aeg jäi 69,2%-l II vanusegrupi katsealustel visuaalsel reaktsioonil ning 46,2%-le katsealustel akustilisel reaktsioonil samaks. Tulemus paranes visuaalsel reaktsioonil vastavalt 6%-l ja 16%-l ning akustilisel vastavalt 12,4%-l ja 15,5%-l (tabel 7).

Tabel 6. Visuaalse- ja akustilise reaktsiooniaja aritmeetilised keskmised enne ja pärast ionisatsiooni
Table 6. Mean values of visual and acoustic reaction time before and after ionization

Katse Test	Esimene vanusegrupp / I age group			Teine vanusegrupp / II age group		
	Enne/Before $\bar{x} \pm \sigma$ ms	Pärast/After $\bar{x} \pm \sigma$ ms	Muutus/Change $\bar{x} \pm \sigma$ %	Enne/Before $\bar{x} \pm \sigma$ ms	Pärast/After $\bar{x} \pm \sigma$ ms	Muutus/Change \bar{x} %
V	208,1 ± 25,9	208,9 ± 18,6	-0,7	277,5 ± 50,8	247,8 ± 30,6	9,4
A	166,5 ± 16,4	159,6 ± 22,5	4,2	209 ± 59,2	198,9 ± 33,8	2,8

Ootuspäraselt olid I vanusegrupi katsealustel reageerimisaeg lühem võrreldes II vanusegrupi katsealustega nii enne kui ka pärast ionisatsiooni (joonis 2).



Joonis 2. Visuaalse ja akustilise reaktsiooniaja keskvaartuste muutused katsealustel gruppidel
Figure 2. Mean changes in visual and acoustical reaction time

Tabelis 7 esitatud tulemuste alusel võib väita, et nii visuaalse kui ka akustilise reaktsiooni ajas oli I vanusegrupi katsealuseid, kellel tulemus paranes sama palju kui neid, kellel tulemus halvenes (50%). II vanusegrupi katsealuseid, kellel visuaalne reaktsioon ionisatsiooni järel paranes, oli 2,3 korda rohkem kui neid, kellel tulemus halvenes. Ent akustilisel reaktsioonil oli parema tulemusega II vanusegrupi katsealuseid 1,2 korda vähem kui samas vanusegrupis halvema tulemusega katsealuseid.

Kokkuvõtteks võib öelda, et ionisatsioon mõjus positiivselt I vanusegrupi katsealuste akustilisele reaktsioonile, mis paranes 4,2%. Visuaalsel reaktsioonil märkimisväärseid muutusi ei registreeritud. II vanusegrupi katsealustel visuaalne reaktsiooniaeg lühenes 9,4% ja akustiline reaktsiooniaeg lühenes 2,8%.

Tabel 7. Visuaalse ja akustilise reaktsiooniaja muutused ionisatsiooni toimel
Table 7. Changes in visual and acoustical reaction time after ionization

Vanuse- grupp Age group	Katse Test	KA osa, kelle tulemus paranes Examines, whose results improved %	Tulemus paranes keskmiselt On the average, result improved %	Individ. max. pos. muutus Individual maximum positive change %	KA osa, kelle tulemus halvenes Examines, whose results deteriorated %	Tulemus halvenes keskmiselt On the average, result deteriorated %	Individ. max. neg. muutus Individual maximum negative change %
I	V	50	6	8,05	50	7,3	14,64
	A	50	12,4	27,87	50	4,04	13,51
II	V	69,2	16	30,5	30,8	5,4	10,64
	A	46,2	15,5	35,5	53,8	6,7	25,99

Sisekliima

Uuringupäevadel katsekeskkonnas sisekliimaparaametrete registreerimisel saadud andmete aritmeetilised keskmised on esitatud tabelites 8 ning 9, elektrokliima vastavad näitajad tabelis 10.

Table 8. Katsepäevadel katsekeskkonnas mikrokliimaparameetrite registreeritud näitude aritmeetilised keskmised
Table 8. Arithmetic averages of testing environment parameters of microclimate on a testdays

Mikrokliima- parameeter <i>Parameter of microclimate</i>	Õhutemperatuur <i>Air temperature</i> °C	Õhu liikumiskiirus <i>Air velocity</i> m/s	Suhteline õhuniiskus <i>Relative humidity</i> %	Kastepunkt <i>Dewpoint</i> °C	Absoluutne õhuniiskus <i>Absolute humidity</i> g/kg
Registreeritud <i>Registered</i>	21,1	0,1	31,9	3,5	4,6
Optimaalne <i>Optimal</i>	19...23	≤0,1	40...60	–	–

Eelnevast järeldub, et katsekeskkonna õhutemperatuur ja -liikumiskiirus jäid lubatud piiridesse (elektrooniline Riigi Teataja). Probleemaatiliseks võib pidada suhtelise õhuniiskuse optimaalsest madalamat taset, mis hinnanguliselt siiski katsetulemusi negatiivselt ei mõjutanud ning katsealused tundsid end mugavalt.

Table 9. Katsepäevadel katsekeskkonnas parakliimaparameetrite registreeritud näitude aritmeetilised keskmised
Table 9. Arithmetic averages of testing environment parameters of paraclimate on a testdays

Parakliimaparameetrid <i>Parameters of paraclimate</i>	Valgustustihedus <i>Light density lx</i>	Müra tase <i>Noise level dB(A)</i>	Radiatsioon <i>Radiation μSv/h</i>	CO ₂ %	O ₂ %
Registreeritud/ <i>Registered</i>	517,3	61,4	0,24	0,04	20,7
Optimaalne/ <i>Optimal</i>	200...800	30...85	≤0,15	≤0,01	20,9

Mõõtmistulemused näitavad, et enamus parakliimaparameetrite tulemustest jäid katsekeskkonnas normide piiridesse (Vabariigi Valitsus, 2002; Tint, 2000, EVS-EN 12464-1:2003). Probleemaatiliseks võib pidada CO₂ liialt kõrget taset ruumiõhus, mis ületab standardis soovitud mugavuse klassi (EVS 839:2003). Keskmine müratase 61,4 dB(A) võis siiski häirida katsealustel tähelepanu nõudvatele katsetele kontsentreerumist, kuigi nad selle üle ei kurtanud.

Table 10. Katsekeskkonna elektrokliimaparameetrite registreeritud näitude aritmeetilised keskmised
Table 10. Arithmetic averages of testing environment parameters of electroclimate

Parameeter <i>Parameter</i>	n ⁻ cm ⁻³	n ⁺ cm ⁻³	∑n [±] cm ⁻³	Unipolaarsustegur (q) <i>Factor of unipolarity</i>
Tavakeskkond <i>Normal environment</i>	156	102	258	0,87
Ioniseeritud keskkond <i>Ionized environment</i>	52289	0	52289	0
Lubatud kontsentratsioon <i>Permissible concentration</i>	600	400	1000	1,0...1,3
Optimaalne kontsentratsioon <i>Optimal concentration</i>	3000...5000	1500...3000	4500...8000	0,5...0,6
Max. kontsentratsioon <i>Maximal concentration</i>	50...60·10 ³	50...40·10 ³	100000	1,0...0,66

Katsekeskkonna elektrokliima parameetrite arvvaartused jäid alla optimaalsete normide arvvaartustele (Tšizjevski, 1989). Negatiivsete aeroioonide kogus tavakeskkonnas uuringupäevadel oli keskmiselt 156 cm⁻³ ning positiivsete aeroioonide kogus 102 cm⁻³. Pärast ioniseerimist oli negatiivsete aeroioonide kontsentratsioon cm⁻³ ruumiõhus 52289 cm⁻³. Seega oli saavutatud pool aeroioonide maksimaalsest lubatud kontsentratsioonist. Ioniseerimise käigus tekkisid vaatlusalustel väga erinevad tundmused ja aistingud. Osa vaatlusalustest märkis unisust, peavalu, uimasust, torkimistunnet, teine osa täheldas erksust, õhetust ja värskestust.

Kokkuvõetult võib öelda, et katsekeskkonnas vastasid sisekliimaparameetrid suuremas osas Eesti Vabariigi valitsuse poolt kehtestatud normidele (elektrooniline Riigi Teataja). Väikeseid kõrvalekaldeid oli suhtelise õhuniiskuse ja süsihappegaasi normidest, kuid hinnanguliselt ei mõjutanud see katsetulemusi negatiivselt ning katsealustele oli loodud mugav sisekliima katsetele keskendumiseks.

Kokkuvõte ja järeldused

1. Ruumiõhu rikastamine negatiivsete aeroioonidega mõjub positiivselt inimese psüühilisele töövõimele, parandades mälu võimet ja lühendades visuaalsele ning akustilisele signaalile reageerimise aega.
2. Ionisatsioon mõjub positiivselt füüsilisele töövõimele.

3. Negatiivselt mõjub ionisatsioon keha staatilisele tasakaalule, kus oluliselt suurenes enamus registreeritud parameetrite arvvaartustest. See võib tuleneda negatiivsete aeroioonide lõõgastavast omadusest, mis võis tingida mõningase lihaste lõtvumise ja keha staatiline tasakaalu muutumise.

4. Katsekeskkonnas sisekliimaparameetrite registreeritud näidud vastasid suuremas osas Eesti Vabariigi valitsuse poolt kehtestatud normidele. Väikeseid kõrvalekaldeid oli suhtelise õhuniiskuse ja CO₂ tasemega, kuid hinnangu põhjal ei mõjutanud see katsetulemusi negatiivselt ning katsealustele oli loodud mugav sisekliima katsetele keskendumiseks.

5. Katsealuseid, kellel psüühilise ja füüsilise töövõime näitajad ionisatsiooni toimetel paresid, oli kordi rohkem neist, kellel need näitajad halvenesid.

6. Kuna enamus uuritud, iseloomustavate parameetrite tulemustest näitasid inimese psüühilise ja füüsilise töövõime paranemistendentsi, siis võib oletada, et märkimisväärsemaid tulemusi võib saada töökeskkonda järjepidevalt või reglementeeritud korras ioniseerides.

7. Katsekeskkonna sisekliimat on soovitatav parandada, võttes kasutusele hüdroaeroionisaatori, mis tõstab märgatavalt suhtelise õhuniiskuse taset.

Kirjandus

- Eesti Nõukogude Entsüklopeedia. Nr. 1. Tln: Valgus, 1985. – 703 lk.
- Elektrooniline Riigi Teataja. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=25048> (18.03.07).
- EVS 839:2003. Sisekliima. Eesti Standardikeskus.
- EVS-EN 12464-1:2003. Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad. Eesti Standardikeskus.
- Tint, P. Töökeskkond ja ohutus. – Tallinn, 2000. – 264 lk.
- Tomson, I. 2001. Tehnoloogiaprotsessides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju veiselauda kliimaparameetritele. – Magistritöö. EPMÜ, Tartu, 102 lk.
- Tšičevski: Чижевский, А. Л. 1989. Аэроионификация в народном хозяйстве. – 2.-е изд., сокр. Москва: Стройиздат. 488с.
- Vabariigi Valitsuse 25. jaanuari 2002. a määrus nr 54 Töökeskkonna füüsikaliste ohutegurite piinormid ja ohutegurite parameetrite mõõtmise kord (RT I 2002, 15, 83).
- Viljasoo, V., Tomson, I. 2000. Ionisatsiooniteooria põhimõistete analüüs. Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr 206, Tartu, lk 190–196.
- Viljasoo, V., Tomson, I. 2001. Loomapidamises kasutatavate ja saadavate materjalide mõju sisekliimale. Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. – EPMÜ teadustööde kogumik nr 214, Tartu, lk 289–294.
- Viljasoo, V., Tomson, I. 2003. Tootmisprotsessis kasutatavate ja saadavate materjalide mõju veiselauda sisekliimale. – Agraarteadus nr 2, lk 125–136.
- WHO Euroopa osakonna kodulehekül. Kättesaadav <http://www.euro.who.int/air> (10.02.07).
- WHO töögrupi raport: "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide." Kättesaadav: <http://www.euro.who.int/document/e79097.pdf> (19.02.07).

The influence of electroclimate on human physical and psychic working capacity

L. Sihver, I. Tomson, V. Viljasoo, M. Pääsuke, J. Ereline, H. Gapeyeva

Summary

Clean air is a precondition for good health (WHO Euroopa Osakond). During the last decades the air quality in Europe has shown noticeable improvement but there is still much evidence of health interfering amount of air pollution (WHO work group).

In Estonian University of Life Sciences the field of investigation of ionisation of living and working environment is called electroclimate. Electroclimate is an electrostatic state of inner and outer atmosphere connected with living, production or other activity (Viljasoo, Tomson, 2001). The electric conduction of the air is conditioned by charged particles of the air called aeroions (ENE, 1985).

There is an important connection between the electrostatic state of the outer air and a person's health. The most sensitive recipients to the conditions of the outer atmosphere and its changes are sick and ageing organisms. Creating one's living and working environment people cut themselves off the outer atmosphere, constantly turning it anomalous and citizens spend about 90% of their time in such conditions (Tšičevski, 1989). The electroclimatic state of the working environment can affect a person's working capacity towards the rise or fall of his/her working efficiency and cause either reluctance or willingness for work.

According to the previous statements, the aim of the research was to ascertain the influence on aeroions on human physical and psychic working capacity. In order to achieve the objectives the following tasks have

been completed: 1) describing parameters of physical and psychic capacity have been registered according to methodology in normal and ionized environment; 2) registration of parameters of indoor climate; 3) analysis of the results, drawing conclusions and giving recommendations.

Experiments with 26 examinees (women) have been carried out in March 2007 in two age groups (I – 18...26 years; II – 50...75 years) in the Laboratory of Kinesiology and Biomechanics at the University of Tartu. In the course of experiments parameters describing physical and psychic working capacity were measured:

1. Static standing balance with opened/closed eyes on a dynamic platform. The following parameters characterizing the dynamic sway of centre of pressure were recorded: transversal displacement [COP(T) *mm*], longitudinal displacement [COP(L) *mm*], area of sway (SP *mm*²), radius of sway (RAD *mm*) and trace of sway (TR *mm*), speed of sway (SP *mm/s*), frequency of sway in transversal direction [MF(T)] and frequency of sway in longitudinal direction [MF(L)].

2. Hand-grip strength measured with standard hand dynamometer.

3. Memory capacity, tested by a memory test (combinations of up to 9 numbers).

4. Visual (V) and acoustic (A) reaction speed, measured by a computer program. Examinees had to react to a light spot or to a sound by pressing a special key.

After measuring the mentioned parameters describing working capacity, the testing environment was ionized with negative aeroions (*ca* 50 000 *cm*⁻³, airing window open).

The examinees were exposed to the changed conditions for 20 minutes, after which the static standing balance, hand-grip strength, memory capacity, visual and acoustic reaction speed were measured again.

At the same time the indoor climate parameters of the test room were registered in order to determine the comfort of examinees during the tests and thus exclude or assert the influence of indoor climate on the test results.

According to Table 1, in the case of open eyes ionization improved the parameters of the static standing balance in the 1st age group: trace of sway (2.8%) and speed of sway (2.79%). Also in the case of closed eyes these parameters showed the same tendency: accordingly 0.77% and 0.76%. All the other parameters in the case of open as well as closed eyes deteriorated. In eyes closed condition the biggest deteriorates were frequency of sway in transversal direction (111.11%) and frequency of sway in longitudinal direction (233.33%). Also in the case of open eyes, the biggest deteriorates were frequency of sway in transversal direction (110%) and frequency of sway in longitudinal direction (66.67%).

Standing with opened eyes after the ionization, in the 2nd age group improved the following static balance parameters: transversal displacement (8.52%), trace of sway (3.22%), speed of sway (3.25%) and frequency of sway in transversal direction (10%). The biggest deteriorates were area of sway (17.92%) and frequency of sway in longitudinal direction (70%).

In the case of closed eyes, ionization improved the parameters of the static standing balance of the 2nd age group: trace of sway (1.27%) and speed of sway (1.27%). The biggest deteriorates were longitudinal displacement (38.97%), frequency of sway in transversal direction (38.46%) and frequency of sway in longitudinal direction (128.57%).

Most parameters describing the static standing balance deteriorated after the ionization. It can be caused by relaxing effect of negative aeroions, which brought out momentary slackening of muscles and therefore the static standing balance was deteriorated.

The hand-grip strength in the 1st age group improved 1.9%; the 2nd age group improved their results 3.7% (Table 2). 53.8% of the 1st age group examinees and 76.9% of the 2nd age group examinees improved their best performance test results after the ionization (Table 3), accordingly 9.8% and 6.3% (Table 4).

Results of the memory test show that memory improved after ionization. In the 1st age group, the percentage of correct answers increased at an average by 4.3% (from 84.63% to 88.9%), the percentage of correct answers in the 2nd group increased by arithmetical mean from 81.22% to 87.19%, thus the improvement was approximately 7% (Figure 1). The ionization had a positive effect on most of the examinees (46.2%) of the 1st group and the test results improved on the average 16.7%. Most of the 2nd age group (38%) was also positively affected by the ionization of the test environment; the results were improved 25% on the average (Table 5).

In table 6 it can be observed that after the ionization, the visual reaction time of examinees of the 1st group remained practically the same, decreasing only 0.7%; the acoustic reaction time decreased 4.2%. The results of visual reaction time of examinees of the 2nd group on the other hand improved remarkably (9.4%) and also the results of acoustic reaction improved (2.8%) after the ionization of the test environment.

The ionization had a positive effect on both acoustic and visual reaction of 50% of the examinees in the age group 1, the test results were improved by 6% and 12.4%, respectively. In age group 2, most test results (visual 69.2%, acoustic 46.2%) improved after the ionization of the test environment – 16% and 15.5%, respectively (Table 7).

Indoor climatic parameters of the test environment were mostly in accordance with the norms established by the Government of the Republic of Estonia (Elektrooniline Riigi Teataja). Minor inclinations from the norms

were noticed in air relative moisture (Table 8), but no negative effect on test results was observed and the examinees were granted comfortable indoor climate for concentrating on their tests.

By the achieved results conclusions can be drawn that concentrating the indoor air with negative aeroions has a regenerative effect on a person's psychic working capacity, improving both memory and the reaction time to visual and acoustic signals. Ionization process had an unfavorable effect upon the static balance of the body, as most of the numerical values of registered parameters considerably deteriorated. It may proceed from the relaxing qualities of aeroions which brought out slackening of some muscles that resulted in unstable body balance during standing. Ionization process had a positive effect on hand muscle strength.

As most of the numerical values of the parameters showed tendencies of amendment it can be assumed that remarkable results be expected by constant or regular ionizing of the working environment.